

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2021.12.10

猪等孢球虫检测及防控研究进展

刘海燕^{1,4}, 马文瑾^{1,2,4}, 徐向月^{1,2,4}, 霍美霞^{1,2,4}, 王磊^{2,4}, 惠天翊^{1,4}, 黄玲利^{1,2,3,4*}

(1. 国家兽药残留基准实验室(华中农业大学), 武汉 430070; 2. 国家兽药安全评价实验室(华中农业大学), 武汉 430070;

3. 农业农村部兽药残留检测重点实验室, 武汉 430070; 4. 华中农业大学动物医学院, 武汉 430070)

[收稿日期] 2021-08-29 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2021) 12-0067-08 [中图分类号] S858.28

[摘要] 猪等孢球虫(*Isospora suis*)是一类主要危害仔猪生长的专性寄生性原虫,仔猪感染该虫后表现为生长缓慢、腹泻、甚至死亡,对养猪业造成了极大危害。综合国内外研究成果,对猪等孢球虫流行病学特征、形态特征、生活史、检测及防控等方面进行了综述,并对未来研究进行了展望,以期对猪等孢球虫的病原检测及有效防控提供参考。

[关键词] 猪等孢球虫;形态特征;流行病学;检测方法;防治措施

Advances of Studies on Detection Technology and Control Measures of *Isospora suis*

LIU Hai-yan^{1,4}, MA Wen-jin^{1,2,4}, XU Xiang-yue^{1,2,4}, HUO Mei-xia^{1,2,4},
WANG Lei^{2,4}, HUI Tian-yi^{1,4}, HUANG Ling-li^{1,2,3,4*}

(1. National Reference Laboratory of Veterinary Drug Residues (HZAU), Wuhan 430070, China;

2. National Laboratory for Veterinary Drug Safety Evaluation (HZAU), Wuhan 430070, China;

3. The Key Laboratory for the Detection of Veterinary Drug Residues of Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China;

4. College of Veterinary Medicine, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070, China)

Corresponding author: HUANG Ling-li, E-mail: huanglingli@mail.hzau.edu.cn

Abstract: Pig *Isospora suis* is a kind of parasitic protozoa that harms the growth of piglets. Piglets infected with the parasite grow slowly and often show symptoms of diarrhea, and even die, which causes great harm to the pig industry. The review summarizes domestic and foreign research results in epidemiology features, morphological features, life cycle, detection method and prevention and control of piglet *Isospora suis*, and prospects the future research, in order to provide scientific basis for the pathogen identification and effective prevention and control of piglet *Isospora suis*.

Key words: *Isospora suis*; morphological features; epidemiology; detection method; prevention and control measures

作者简介: 刘海燕, 硕士研究生, 从事兽医药理学与毒理学研究。

通讯作者: 黄玲利。E-mail: huanglingli@mail.hzau.edu.cn

猪球虫病是一类高度传染的群体性寄生虫病,病原主要有蒂氏艾美耳球虫、粗糙艾美耳球虫、有刺艾美耳球虫以及猪等孢球虫(*Isospora suis*),其中猪等孢球虫的致病力最强^[1-2]。目前已明确猪等孢球虫的分类地位为:顶复门(Apicomplexa)、孢子虫纲(Sporozoea)、球虫亚纲(Coccidia)、真球虫目(Eucoccidiorida)、艾美耳亚目(Eimeriorina)、艾美耳科(Eimeriidae)、等孢球虫属(*Isospora*)。猪等孢球虫主要导致仔猪的料肉比、球虫病的发病率(约80%)和死亡率均出现增高,仔猪往往表现发育不良^[3]。本文综合国内外报道的相关文献资料,从流行病学特征、临床症状、形态特征、生活史、检测方法、防治措施等方面的研究进展对猪等孢球虫进行综合分析探讨,以期为进一步认识病原、预防和治疗猪球虫病提供参考和帮助。

1 流行病学特征及临床症状

猪等孢球虫主要寄生于仔猪,以7~21日龄仔猪多见,成年猪多为带虫者(隐性感染)。由猪等孢球虫引起的猪球虫病四季均可发生,因球虫卵囊的发育需要较高的温度和湿度,所以该病普遍流行于春末和夏季,但哺乳仔猪发病无明显季节性规律可循。此病呈世界性流行,且规模化猪场多发。

1.1 国外流行情况 据报道,猪球虫病每年可导致美国经济损失高达1亿美元以上^[4]。欧美国家中83%~100%的规模化猪场也不同程度地存在着猪等孢球虫感染^[5]。Mundt等^[6]调查发现,德国、澳大利亚和瑞士等国家的大型集约化养殖场猪等孢球虫阳性率高达76.2%,发病率为40%~100%,平均发病率达到69%。Karamon等^[7]调查发现,波兰104个规模化养猪场中仔猪等孢球虫的感染率为66.7%,其中在大、中、小型规模化养猪场中的感染率分别为32.7%、17.1%、13.2%;而艾美耳球虫在大、中、小型规模化养猪场中的感染率分别为1.4%、0.6%、28.9%,推测可能是由于这两种球虫的发育周期存在一定差异,即猪等孢球虫卵囊孢子形成的时间短(约24~48h),而艾美耳球虫卵囊产孢时间长(5~12d)。有调查表明,日本的规

模化养猪场猪等孢球虫阳性率约为80%,患病率为12%~17%^[8];西班牙、比利时、荷兰、墨西哥、意大利等国家的规模化猪场猪等孢球虫感染率分别为85%、80%、72%、70%、68%^[9](表1)。

表1 部分国家猪球虫感染率比较
Tab 1 Comparison of infection rates of coccidia in pigs in some countries

国家	猪场规模	猪等孢球虫感染率/%	艾美耳球虫感染率/%	数据来源
波兰	大型	32.7	1.4	Karamon 等
	中型	17.1	0.6	
	小型	13.2	28.9	
日本	-	80	-	Saitoh 等
西班牙	-	85	-	钟伟
比利时	-	80	-	
荷兰	-	72	-	
墨西哥	-	70	-	
意大利	-	68	-	

由此可见,猪等孢球虫所引起的猪球虫病在国外广泛流行,特别是集约化养猪场,因其养殖量大、饲养密度高而多发。通过流行病学调查数据可以发现,猪等孢球虫的感染率因猪只生长阶段、猪场规模而异,等孢球虫感染率:仔猪>中猪>大猪,大型猪场>中型猪场>小型猪场;不同国家仔猪感染等孢球虫的日龄也存在差异^[1],英国和加拿大7~10日龄的仔猪易感,丹麦7~14日龄的仔猪易感,巴西10~19日龄的仔猪易感,所以某些欧美国家及亚洲部分国家已将猪等孢球虫作为引起7~14日龄仔猪腹泻的主要病原之一;而且仔猪等孢球虫的流行和传播与母猪并没有相关性,即使母猪在分娩前后没有球虫卵囊排出,其仔猪也有感染猪等孢球虫的风险^[7]。

1.2 国内流行情况 目前,我国有关猪球虫病的研究报道相比鸡、兔球虫病要少,且主要集中在流行病学调查阶段(如表2所示)。鹿双双等^[10]调查发现,全国13个省(直辖市、自治区)119个规模化猪场哺乳仔猪感染猪等孢球虫的阳性率为43.38%。刘文婷等^[11]调查发现猪等孢球虫在华

北地区规模化猪场的感染率为 34.43%。郭建超等^[12]调查发现,2016–2017 年华南地区规模化猪场猪等孢球虫感染率为 47.6%。黄仪娟^[13]调查发现,广东省部分地区规模猪场等孢球虫感染率为 26.48%,其中 11~20 日龄仔猪感染阳性率高达 37.80%。程俊贞等^[14]研究表明,猪等孢球虫主要侵害 11~20 日龄仔猪,感染率达 19.52%。盛祖勋等^[15]发现安徽省猪等孢球虫阳性率为 13.20%。以上数据表明,我国不同地区仔猪等孢球虫感染率差异较大,仔猪球虫病在华北地区规模猪场较为普遍,且感染率较高。我国猪球虫病大都发生在一些饲养条件差、卫生水平低的种猪场的仔猪群中,多表现为发展缓慢,久治不愈,所以应提高猪场人员对猪球虫病的认识,加强对仔猪球虫病的防控,从而为生猪生产提供多重保障。

表 2 国内不同地区猪等孢球虫感染率比较
Tab 2 Comparison of infection rate of *Isospora suis* in different regions of China

地区	猪生长阶段	感染率/%	数据来源
全国 13 个省、市、自治区	哺乳仔猪	43.38	鹿双双等
华北地区	哺乳仔猪	34.43	
天津	8~15 日龄	14.71	
北京	8~15 日龄	54.92	刘文婷等
河北	8~15 日龄	33.91	
山西	8~15 日龄	26.19	
内蒙古	8~15 日龄	22.50	
华南地区	30~60 日龄	22.70	郭建超等
广东	11~20 日龄	37.80	黄仪娟
河南	11~20 日龄	19.52	程俊贞等
安徽	0~30 日龄	13.20	盛祖勋等

1.3 临床症状 发病仔猪所表现出的临床症状是球虫内源性发育阶段对肠道黏膜破坏的结果,主要表现为腹泻,粪便呈现黄色或灰色。病初,粪便疏松或呈糊样,随着病情加重后表现出水样腹泻,有时由于潜血而呈棕色^[16]。仔猪因常常沾满液状粪

便,还会散发出腐败乳汁样的强烈酸臭气味。仔猪腹泻一般可持续 4~8 d,常表现出被毛杂乱、脱水、行走不稳、生长发育迟缓等症状。不同窝的仔猪临床上所呈现出的病症往往存在着差异,即使同一窝仔猪的不同个体所表现出来的具体症状也不完全相同^[2]。

2 猪等孢球虫形态特征和生活史

猪等孢球虫是一种单细胞真核生物,虫体微小,肉眼不可见,在生活史的不同阶段,形态也有所差异。常见的猪等孢球虫卵囊一般呈球形或亚球形,卵囊壁光滑且比较薄,卵囊平均尺寸为 22.2 μm × 18.4 μm。在适宜的条件下,未孢子化卵囊发育成为 2 个圆形或椭圆形的孢子囊,孢子囊平均大小为 18.5 μm × 17.5 μm,内含 4 个子孢子,呈腊肠形或香蕉形,形成的最早时间为 63 h^[1]。

猪等孢球虫生活史可分为 3 个时期,即孢子生殖阶段、裂殖生殖阶段和配子生殖阶段。其中孢子生殖阶段(外生性发育阶段)在外界环境中进行,裂殖生殖阶段和配子生殖阶段在宿主体内(内生性发育阶段)进行。孢子生殖阶段是从未孢子化卵囊(不具感染能力)发育成孢子化卵囊(具感染能力)的阶段,此阶段是该球虫能否感染宿主的关键^[17]。卵囊随粪便排出后在合适的环境温湿度和充分的氧气状况下通过孢子生殖发育至孢子化卵囊,不同的环境温度会影响卵囊孢子化的时间^[18-19](表 3)。孢子化卵囊被摄入后,释放出孢子囊,随后释放出子孢子,入侵肠上皮细胞进行增殖(内生发育)。子孢子发育为滋养体,后者在上皮细胞内进一步发育为裂殖体,成熟后释放出裂殖子,随后进入其他肠上皮细胞并侵害周围的细胞,形成新一代裂殖体。裂殖生殖的代数依等孢球虫的不同种类而异,一般 2~3 代后进行配子生殖,亦称为有性生殖阶段。裂殖子分别结合形成大小配子体,两者结合为合子后发育成卵囊;卵囊成熟后进入肠腔并随粪便排出体外(图 1)。

表 3 不同环境温度对猪等孢球虫卵囊孢子化的影响

Tab 3 Effects of different ambient temperatures on sporulation of oocysts of *Isospora suis*

温度/℃	孢子化时间/h	数据来源
20	56	Lindsay 等
25	40	
30	16	
37	12	
28	26	贺桂芳

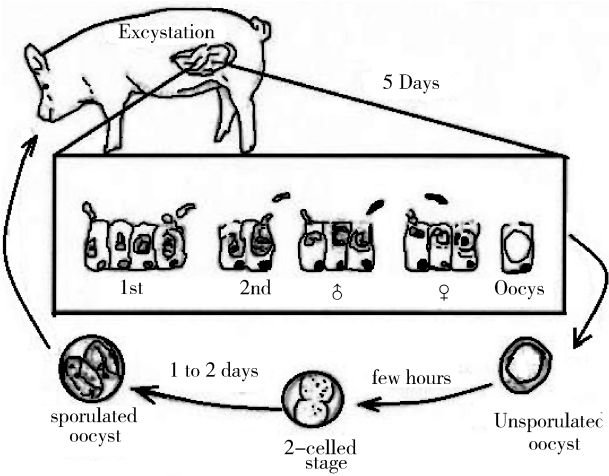


图 1 猪等孢球虫生活史^[20]

Fig 1 Life cycle of *Isospora suis*

3 检测方法

临床上 7~14 日龄仔猪出现腹泻,用抗生素治疗无效时可怀疑其患有球虫病^[21]。由于猪等孢球虫感染前期没有特征性病症,且感染后排卵囊量无明显规律并呈现排卵囊周期短的特点,快速检测仍然是该病有效诊断的瓶颈。目前国内外的专家学者对猪等孢球虫的检测方法进行了大量探索与钻研,以期建立迅速、高效、科学、准确和低成本的诊断方法。

3.1 粪便学方法

3.1.1 直接涂片法 直接涂片法通过直接涂片后在普通光学显微镜下进行镜检观察有无卵囊。该方法简便、易行、快速,适合于虫卵数目多的粪便检查。由于球虫卵囊尺寸、粪便、杂物等干扰,此种方法的检出率较低。

3.1.2 漂浮法 漂浮法的原理是通过采用比重高于虫卵的溶液来稀释粪便,将粪便中的虫卵和粪渣分开而浮集于液体的表面,随后进行检查。猪等孢球虫卵囊的检测常采用饱和食盐水漂浮法和饱和糖盐水溶液漂浮法,其他饱和溶液如饱和硫酸锌、饱和硫酸镁、饱和蔗糖等由于比重较大,反而明显降低了球虫卵囊的检出率。由于该法可能会受到脂肪颗粒和气泡等的影响,故不易发现卵囊,或易出现假阳性。

3.1.3 沉淀法 沉淀法可有效去除仔猪粪便中的脂质,应用较为广泛。常见的沉淀法包括汞碘醛离心沉淀法、福尔马林-乙醚沉淀法、福尔马林-乙酸乙酯沉淀法和 Teleman 法。其中 Teleman 法,又称之为离心沉淀法,被认为是最有效的仔猪球虫卵囊检测方法。Teleman 法利用 5% 醋酸和乙醚溶解粪便中的脂肪颗粒,通过离心遗弃上清液以纯化卵囊,最后在光学显微镜下进行检查^[22]。它既有效地克服了直接涂片镜检法由于存在粪便颗粒等异物干扰的缺点,又克服了漂浮法中较大脂肪颗粒与卵囊混杂在一起的缺点^[23]。臧传佼^[24]采用了 Teleman 法加 1 mol/L 的糖盐水漂浮法纯化等孢球虫卵囊,能有效的减少猪粪中过多的脂类物质造成的影响。但由于 Teleman 法检测步骤比较繁琐,且仔猪球虫卵囊检出率与漂浮法的检测结果相差不大,其应用实际并不如漂浮法广泛。

3.1.4 荧光显微镜检测法 荧光显微镜检测法利用猪等孢球虫卵囊壁(在孢子化卵囊中则是孢子囊壁)在荧光显微镜的检测下可发出蓝光的原理,可直接在荧光显微镜下对猪等孢球虫进行计数,做到卵囊的敏感定性和半定量评价。该方法简便、快速,应用于单个仔猪样本时也可用于确定排泄的程度,但必须要在有荧光显微镜的条件下才能进行操作,在临床中应用并不广泛。

3.2 分子生物学方法 PCR 技术是一种既特异又敏感的 DNA 体外扩增方法,其操作简便快捷,无需对病原体进行分离纯化,猪等孢球虫和艾美耳球虫的种间分化已通过特异性的聚合酶链反应等分子

诊断方法完成,利用该技术扩增目的 DNA 或 rRNA 检测可直接区分出未孢子化的猪等孢球虫卵囊与猪艾美耳球虫卵囊,从而达到定性和定量检测的目的^[25]。目前最常用检测猪等孢球虫的 PCR 方法是根据 NCBI 数据库上记录的猪等孢球虫 18S rRNA 基因序列来设计特异性引物,从而建立 PCR 检测方法。

临床上猪等孢球虫的粪便学诊断常采用直接涂片法、饱和糖盐水溶液漂浮法以及饱和食盐水漂浮法^[26],但都需要减少脂肪、蛋白质对诊断的影响。荧光显微镜检测法的敏感性高于上述三种方法,但要在特定条件下才能进行。PCR 诊断具有更高的敏感性和特异性,但会受到个体感染动物排泄周期短的影响^[27],且依赖特定的仪器。所以,探索出一种便捷、快速、可靠的检测猪群中等孢球虫的方法迫在眉睫。

4 防治措施

目前防治球虫病的方法主要有三种,即中药治疗、疫苗免疫和化药治疗。

4.1 中药治疗 中药如常山、使君子、青蒿、白头翁、苦参等,对球虫病均有一定的治疗效果,且具有来源广泛、抗虫谱广、疗效显著、毒副作用小、无残留等优势^[28]。但目前开发的中草药大部分被用于防治鸡、兔球虫病,还未见使用中药治疗猪球虫病的相关报道。所以,加强中药及其提取物、中药复方等研究可为今后猪球虫病的防治提供更多选择。

4.2 疫苗免疫 疫苗免疫是有效预防球虫病的方法之一。目前鸡球虫疫苗主要是鸡球虫病三价活疫苗(柔嫩艾美尔球虫 PTMZ 株+巨型艾美尔球虫 PMHY 株+堆型艾美尔球虫 PAHY 株),还没有国家统一制定的兔球虫疫苗,也没有针对猪等孢球虫的疫苗。虽然有研究表明高剂量的卵囊在母猪产前重复接种可为部分孕畜提供保护^[29],但是疫苗的制备需利用未经修饰或减毒的活寄生虫配方,且目前还没有用于猪等孢球虫的减毒株。曾有学者将猪等孢球虫裂殖子黏附蛋白(attachment protein, ASP)作为疫苗候选因子对宿主进行免疫,发现其

可以诱导裂殖子减少 96%~99%^[30],不过最终也没有相关疫苗商品上市。Nicola Palmieri 等^[31]将反向疫苗学与转录组学和比较基因组学相结合,确定了一系列猪等孢球虫疫苗候选蛋白,并将接种苗获得的候选疫苗与从猪血清免疫印迹实验中鉴定的蛋白进行重叠,确定了一种新候选疫苗(猪等孢球虫特异性 42 kD 跨膜蛋白),并在体外证明了其免疫原性。因此,筛选出结构稳定、免疫原性强的候选因子(蛋白)可能是今后研制猪球虫疫苗的关键。

4.3 化药治疗 目前对于猪球虫病的防治多借助于化学驱虫药物,且以抗生素治疗为主,主要有聚醚离子类的莫能菌素、三嗪类的妥曲珠利、磺胺类等药物。莫能菌素能改善仔猪饲料转化率、降低腹泻和死亡率,但日粮中超过 100 mg/kg 的剂量会影响饲料的适口性。拉沙里菌素和常山酮在减轻腹泻,降低卵囊排出的同时,也会降低仔猪免疫力。磺胺类药物虽有预防效果,但其具有肾脏毒性,不适合长期用药^[32]。妥曲珠利是目前欧盟唯一认证的对抑制猪球虫病有效的化药,主要作用于球孢子子和早期裂殖体^[33]。妥曲珠利的剂型在市场上十分单一,仅有妥曲珠利溶液剂(百球清,礼蓝公司生产)。百球清按仔猪(3~5 日龄)每千克体重 20~30 mg 口服一次,既能有效降低卵囊排泄,又能缓解仔猪下痢^[34]。但猪等孢球虫现场分离株对妥曲珠利也会产生耐药性,并可能出现更广泛的耐药性^[2]。所以,应加强化药的研发力度,为采取科学的联合用药方式提供更多选择。

4.4 预防措施 减少或灭活感染性卵囊是控制猪球虫病的关键。做好预防工作主要有以下几点:一是保持猪舍卫生,及时收集猪粪进行堆积和发酵处理,以及时杀灭球虫卵囊;二是定期消毒,特别是产仔舍和各类用具的消毒,可选择 5% 氨水或 50% 漂白粉^[35],最后再用甲醛和高锰酸钾进行熏蒸消毒;三是尽量减少应激,应避免断奶、突然更换饲料和运输产生的应激;四是定期添加抗球虫药物,在母猪分娩前一周和产后哺乳期内,在饲料中添加 25~

65 mg/kg 体重的氨丙啉,可有效预防仔猪感染^[1];五是实行全进全出的管理方式,在仔猪转舍时,必须一次性全部转出,切忌留有个别弱小仔猪在产房继续饲养,容易造成环境中球虫卵囊遗留,危害下一批仔猪;六是保持合理饲养密度和湿度,要注意控制猪群饲养密度,加强通风管理,保持圈舍洁净干燥,这不仅能增强猪只体质和免疫力,还可以减少单位面积内产生的粪便和球虫卵囊数量;七是定期进行猪球虫筛查,动态掌握猪群中的球虫传播感染情况,以防止猪球虫病意外爆发^[36]。

5 结 语

综上所述,猪等孢球虫感染率高,仔猪在感染该虫后表现出腹泻、消瘦,且哺乳期仔猪对猪等孢球虫的易感性最高,临床上常表现为水样腹泻,治疗不及时仔猪出现死亡或成为僵猪,给养猪业造成了巨大的经济损失。随着科研人员对猪等孢球虫的深入研究,其流行病学特征、形态学特征、生活史、检测方法以及防治措施等都已取得了一定成果。但猪等孢球虫的生活史、检测方法和科学防控手段等问题还有待进一步探究。未来可加强对以下几方面的探究:一是探究猪等孢球虫的生活史,完全掌握其生长、发育和增殖这三个阶段的生物学特性,寻找消灭猪等孢球虫的有效时期;二是探究猪等孢球虫在猪体内的侵染机制、致病机制和免疫逃避机制,为治疗药物的筛选和研究提供理论依据;三是加强对猪等孢球虫基因组结构和功能的研究,探究其特异性抗原,为疫苗候选因子的筛选提供可靠理论基础;四是研究并建立灵敏度高、特异性好、易操作、成本低的猪等孢球虫现场检测方法,以实现快速诊断。

参考文献:

- [1] 周荣琼. 兽医寄生虫学[M]. 重庆:西南师范大学出版社, 2017.
Zhou R Q. Veterinary parasitology [M]. Chongqing: Southwest Normal University Press, 2017.
- [2] Shrestha A, Freudenschuss B, Jansen R, *et al.* Experimentally confirmed toltrazuril resistance in a field isolate of *Cystoisospora suis*[J]. Parasites & Vectors, 2017, 10(1): 317–325.
- [3] 程振扬, 臧传佼, 徐向东. 猪等孢球虫纯种株的建立及其生物学特性研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(5): 95–97.
Cheng Z Y, Zang C J, Xu X D. Establishment of pure strains of *Isospora suis* and their biological characteristics research [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(5): 95–97.
- [4] 李美娣, 翁亚彪, 翟敏莉, 等. 猪等孢球虫病的研究进展[J]. 养猪, 2007(1): 41–43.
Li M D, Weng Y B, Zhai M L, *et al.* Advance in *Isospora coccidiosis*[J]. Swine Production, 2007(1): 41–43.
- [5] Fu Yuan, Shi Tuan-yuan, Xu Li-hua, *et al.* Identification of a Novel Hemoplasma species from pigs in Zhejiang province, China [J]. J Vet Med Sci, 2017, 79(5): 864–870.
- [6] Mundt H C, Cohnen A, Dauschies A, *et al.* Occurrence of *Isospora suis* in Germany, Switzerland and Austria [J]. J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health, 2005, 52(2): 93–97.
- [7] Karamon J, Ziomko I, Cencek T. Prevalence of *Isospora suis* and *Eimeria* spp. in suckling piglets and sows in Poland [J]. Veterinary Parasitology, 2007, 147(1/2): 171–175.
- [8] Makoto Matsubayashi, Hideko Takayama, Masahiro Kusumoto, *et al.* First report of molecular identification of *Cystoisospora suis* in piglets with lethal diarrhea in Japan [J]. Springer International Publishing, 2016, 61(2): 406–411.
- [9] 钟 伟. 仔猪球虫病的最新资料[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2003, 23(6): 45–46.
Zhong W. Latest information on piglet coccidiosis [J]. Animal Science Abroad (Pigs and Poultry), 2003, 23(6): 45–46.
- [10] 鹿双双, 李奇润. 全国仔猪球虫病流行病学调查[J]. 中国猪业, 2018, 13(12): 52–54.
Lu S S, Li Q R. Epidemiological investigation of coccidiosis in piglets in China [J]. China Swine Industry, 2018, 13(12): 52–54.
- [11] 刘文婷, 王 飞. 华北地区猪场仔猪等孢球虫病的流行病学调查[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(18): 86–89, 163.
Liu W T, Wang F. Epidemiological investigation on isosporal coccidiosis of piglets in pig farms in North China [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2020 (18): 86–89, 163.
- [12] 郭建超, 李 亮, 樊福好. 华南地区集约化猪场猪等孢球虫病

- 的流行情况调查[J]. 养猪, 2017(5): 100–101.
- Guo J C, Li L, Fan F H. Investigation on the prevalence of piglet *Iso*spora coccidiosis in intensive pig farms in South China[J]. Swine Production, 2017(5): 100–101.
- [13] 黄仪娟. 广东猪等孢球虫感染情况调查及其部分生物学特性研究[D]. 华南农业大学, 2016.
- Huang Y J. Prevalence of *I. suis* in suckling piglets from Guangdong, South China and the study of its biological characteristics [D]. South China Agricultural University, 2016.
- [14] 程俊贞, 刘光辉, 闫若潜, 等. 河南省猪球虫病流行病学调查分析[J]. 养猪, 2020(1): 94–97.
- Cheng J Z, Liu G H, Yan R Q, *et al.* Epidemiological investigation and analysis of porcine coccidiosis in Henan Province[J]. Swine Production, 2020(1): 94–97.
- [15] 盛祖勋, 汪凯, 汤川川, 等. 安徽省部分地区规模化猪场猪等孢球虫病流行病学调查[J]. 中国预防兽医学报, 2017, 39(8): 678–681.
- Sheng Z X, Wang K, Tang C C, *et al.* Epidemiological investigation of *Iso*spora suis in large-scale pig farms in Anhui province [J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine, 2017, 39(8): 678–681.
- [16] 刘丽. 猪球虫病的流行病学、临床症状、诊断、鉴别及防治[J]. 现代畜牧科技, 2021(2): 121–122.
- Liu L. Epidemiology, clinical symptoms, diagnosis, differentiation and control of porcine coccidiosis [J]. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2021(2): 121–122.
- [17] 杨守深, 孙晓双, 邱云飞, 等. 猪囊等孢球虫孢子化与未孢子化卵囊的差异表达蛋白质组学分析[J]. 畜牧兽医学报, 2020, 51(9): 2216–2226.
- Yang S S, Sun X S, Qiu Y F, *et al.* Differential proteomic analysis between sporulated oocyst and unsporulated oocyst of *Cystoisospora suis* [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2020, 51(9): 2216–2226.
- [18] Lindsay D S, Current W L, Ernst J V. Sporogony of *Iso*spora suis Biester, 1934 of Swine[J]. Journal of Parasitology, 1982, 68(5): 861–865.
- [19] 贺桂芬. 猪等孢球虫生活史研究及其单克隆抗体杂交瘤细胞株的建立[D]. 河南农业大学, 2006.
- He G F. Research on lifecycle of *Iso*spora suis and establish of monoclonal antibodies against it [D]. Henan Agricultural University, 2006.
- [20] 李卫华. 新田县猪球虫病流行病学调查及治疗实验[D]. 湖南农业大学, 2012.
- Li W H. Epidemiological investigation of swine coccidium in Xintian County and treatment of *Iso*sporosis in piglets[D]. Hunan Agricultural University, 2012.
- [21] 刘光辉, 宁长申, 张龙现, 等. 仔猪等孢球虫与等孢球虫病研究进展[J]. 中国兽医寄生虫病, 2005(2): 37–42.
- Liu G H, Ning C S, Zhang L X, *et al.* Advances of studies on *Iso*spora suis and piglet *Iso*spora coccidiosis[J]. Chinese Journal of Veterinary Parasitology, 2005(2): 37–42.
- [22] 罗火生. 仔猪球虫病的诊治与研究进展[J]. 当代畜牧, 2015(2): 71–72.
- Luo H S. Diagnosis, treatment and research progress of piglet coccidiosis [J]. Contemporary Animal Husbandry, 2015(2): 71–72.
- [23] 高影凝, 黎宗胜, 杨恒峰, 等. 检测仔猪球虫卵囊方法的观察[J]. 中国畜禽种业, 2014, 10(4): 117–118.
- Gao Y N, Li Z S, Yang H F, *et al.* Observation on the method of detecting coccidia oocysts in piglets[J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2014, 10(4): 117–118.
- [24] 臧传佼. 猪等孢球虫的分离鉴定及其防治药物的效力试验[D]. 扬州大学, 2015.
- Zang C J. The isolation and identification of *Iso*spora suis and the efficacy of toltrazuril for coccidiosis of piglets [D]. Yangzhou university, 2015.
- [25] 李亮. 猪等孢球虫粪便检测方法的改良与特异 PCR 方法的建立[D]. 华南农业大学, 2017.
- Li L. Improvement of the fecal detection method and establishment of a specific PCR for *Iso*spora suis [D]. South China Agricultural University, 2017.
- [26] 刘鸿烈. 猪球虫病诊断和防治[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2020(1): 102–103.
- Liu H L. Diagnosis and control of pig coccidiosis[J]. Graziery Veterinary Sciences(Electronic Version), 2020(1): 102–103.
- [27] Joachim A, Rutkowski B, D Sperling. Detection of *Cystoisospora suis* in faeces of suckling piglets – when and how? A comparison of methods[J]. Porcine Health Management, 2018, 4(1): 20–30.
- [28] 周颖, 王晓艳, 周靖茹, 等. 中草药防治鸡球虫病研究进展[J]. 中国家禽, 2021, 43(4): 89–95.
- Zhou Y, Wang X Y, Zhou J R, *et al.* Research advances in the prevention and control of chicken coccidiosis by Chinese herbal

- medicine[J]. China Poultry, 2021, 43(4): 89–95.
- [29] Schwarz L, Joachim A, Worliczek H L. Transfer of *Cystoisospora suis* – specific colostral antibodies and their correlation with the course of neonatal porcine cystoisosporosis [J]. Veterinary Parasitology, 2013, 197(3/4): 487–497.
- [30] 戚南山, 康桦华, 林栩慧, 等. 猪等孢球虫研究进展[J]. 动物医学进展, 2019, 40(6): 88–91.
- Qi N S, Kang H H, Lin X H, *et al.* Advance in *Isoospora suis* [J]. Progress in Veterinary Medicine, 2019, 40(6): 88–91.
- [31] Palmieri N, Shrestha A, Ruttkowski B, *et al.* The genome of the protozoan parasite *Cystoisospora suis* and a reverse vaccinology approach to identify vaccine candidates[J]. International Journal for Parasitology, 2017, 47(4): 189–202.
- [32] 刘焕芹. 仔猪球虫病危害与防治[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2020(3): 96–97.
- Liu H Q. Harm and control of coccidiosis in piglets[J]. Graziery Veterinary Sciences(Electronic Version), 2020(3): 96–97.
- [33] Joachim A, Shrestha A, Freudenschuss B, *et al.* Comparison of an injectable toltrazuril – gleptoferron (Forceris[®]) and an oral toltrazuril(Baycox[®]) + injectable iron dextran for the control of experimentally induced piglet *cystoisosporosis* [J]. Parasites & Vectors, 2018, 11(1): 206–212.
- [34] Joachim A, Guerra N, Hinney B, *et al.* Efficacy of injectable toltrazuril – iron combination product and oral toltrazuril against early experimental infection of suckling piglets with *Cystoisospora suis*[J]. Filaria Journal, 2019, 12(1): 272–279.
- [35] 张伟超, 刘 琥, 陈基萍, 等. 产房仔猪等孢球虫的发生与控制[J]. 养猪, 2018(2): 126–128.
- Zhang W C, Liu H, Chen J P, *et al.* Occurrence and control of *Isoospora suis* in piglets[J]. Swine Production, 2018(2): 126–128.
- [36] Gong Q L, Zhao W X, Wang Y C, *et al.* Prevalence of coccidia in domestic pigs in China between 1980 and 2019: a systematic review and meta – analysis[J]. Parasites & Vectors, 2021, 14(1): 248–262.

(编辑:李文平)